



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2004134805 A

(43) Date of publication of application: 30.04.2004

(51) Int. Cl. H01L 33/00

C09K 11/08, C09K 11/56, C09K 11/59, C09K 11/64, C09K 11/71,  
C09K 11/79

(21) Application number: 2003353700

(22) Date of filing: 14.10.2003

(30) Priority: 14.10.2002 US 2002 272150

(71) Applicant: LUMILEDS LIGHTING US LLC

(72) Inventor: MUELLER GERD O

MUELLER-MACH REGINA B

SCHMIDT PETER J

JUESTEL THOMAS

SORCE GERRY

## (54) PHOSPHOR CONVERTED LIGHT EMITTING DEVICE

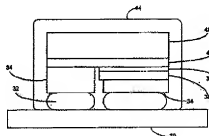
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a wavelength range conversion light-emitting device efficiently converting light in a desired wave length range.

**SOLUTION:** The device includes a semiconductor light emitting device and wavelength converting material comprising  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ . The  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  wavelength converting material absorbs light emitted by the light emitting device, and emits light of a longer wavelength. The  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  wavelength converting material may be combined with other wavelength converting materials, in order to produce white light. In some embodiments, the  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  wavelength converting material is combined with a converting layer of a red emitting-wavelength and a blue light-emitting de-

vice, in order to generate emission in colors, which are not achievable by only mixing primary and secondary wavelengths. In some embodiments, the  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  wavelength converting material is combined with a red emitting-wavelength converting layer, converting a blue emitting-wavelength converting layer, and a UV light-emitting device.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-134805

(P2004-134805A)

(43) 公開日 平成16年4月30日 (2004.4.30)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード (参考)

H01L 33/00

H01L 33/00

N

4H001

C09K 11/08

C09K 11/08

J

5F041

C09K 11/56

C09K 11/56

CPC

C09K 11/59

C09K 11/59

CPR

C09K 11/64

C09K 11/64

CQD

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-353700 (P2003-353700)

(22) 出願日 平成15年10月14日 (2003.10.14)

(31) 優先権主張番号 10/272150

(32) 優先日 平成14年10月14日 (2002.10.14)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500507009

ルミレッズ ライティング ユーエス リ

ミテッドライアビリティ カンパニー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95

131 サン ホセ ウェスト トリンプ

ル ロード 370

(74) 代理人 100082005

弁理士 熊倉 慎男

(74) 代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74) 代理人 100074228

弁理士 今城 俊夫

(74) 代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

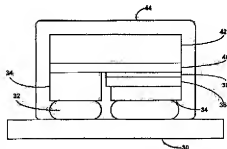
(54) 【発明の名称】 蛍光体変換発光デバイス

## (57) 【要約】

【課題】 波長変換発光デバイスを提供する。

【解決手段】 半導体発光デバイスと、 $\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$ を有する波長変換材料とを含むデバイス。 $\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$ 波長変換材料は、発光デバイスによって放射された光を吸収し、より長い波長の光を放射する。 $\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$ 波長変換材料は、白色光を作るために他の波長変換材料と組み合わせることができ、いくつかの実施形態においては、 $\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$ 波長変換層は、1次及び2次波長の混合だけでは得ることができない色の放射を発生させるために、赤色放射波長変換層及び青色発光デバイスと組み合わせられる。いくつかの実施形態においては、 $\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$ 波長変換層は、赤色放射波長変換層、青色放射波長変換層、及びUV発光デバイスと組み合わせられる。

【選択図】 図8



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1の波長の光を放射することが出来る半導体発光デバイスと、  
該第1の波長の光を吸収するように配置された、 $8\text{F}-8\text{LiON}:\text{Eu}^{2+}$ を含む第1の波長変換材料とを含み、

該第1の波長変換材料は、前記第1の波長の光を吸収して該第1の波長よりも長い第2の波長の光を放射することを特徴とするデバイス。

## 【請求項2】

前記第1の波長は、青色からUVの範囲に及ぶことを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

## 【請求項3】

前記第2の波長は、緑色であることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

## 【請求項4】

第2の波長変換材料を更に含み、

該第2の波長変換材料は、前記第1の波長及び前記第2の波長のうちの一方の光を吸収し、該第2の波長よりも長い第3の波長の光を放射することを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

## 【請求項5】

前記第3の波長は、赤色であることを特徴とする請求項4に記載のデバイス。

## 【請求項6】

前記第2の波長変換材料は、 $(\text{Sr}_{1-x-b-c}\text{Ba}_x\text{Ca}_c)_2\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $b=0.0\sim1.0$ ,  $c=0.0\sim1.0$ )、 $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_8:\text{Eu}_2$  ( $a=0.0005\sim0.01$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ )、及び $(\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x)_8\text{Si}_2\text{N}_{10}:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim0.25$ ) から成る群から選択されることを特徴とする請求項4に記載のデバイス。

## 【請求項7】

前記第1の波長は、青色であることを特徴とする請求項4に記載のデバイス。

## 【請求項8】

第3の波長変換材料を更に含み、

該第3の波長変換材料は、前記第1の波長の光を吸収し、前記第1の波長よりも長く前記第2の波長よりも短い第4の波長の光を放射することを特徴とする請求項4に記載のデバイス。

## 【請求項9】

前記第1の波長は、UVであり、

前記第2の波長は、緑色であり、

前記第3の波長は、赤色であり、

前記第4の波長は、青色である、

ことを特徴とする請求項8に記載のデバイス。

## 【請求項10】

前記第3の波長変換材料は、 $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、 $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、 $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_4\text{Al}_2\text{O}_7:\text{Eu}_2$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、 $\text{La}_{1-x}\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Ce}_2$  ( $a=0.002\sim0.5$ )、 $(\text{Y}_{1-x}\text{Si}_2\text{O}_8):\text{Ce}_2$  ( $a=0.002\sim0.5$ )、及び $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MgAl}_2\text{O}_7:\text{Eu}_2$  ( $a=0.01\sim0.5$ ,  $x=0.0\sim0.5$ ) から成る群から選択されることを特徴とする請求項8に記載のデバイス。

## 【請求項11】

前記第1の波長変換材料、前記第2の波長変換材料、及び前記第3の波長変換材料の量は、該第1の波長の光がデバイスから漏出するのを防止するように選択されることを特徴

10

20

30

40

50

とする請求項 8 に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記第 1 の波長の光を吸収することができるフィルタ材料を更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記第 2 の波長は、556nm の中心波長を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記発光デバイスは、III族窒化物発光ダイオードであることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記第 1 の波長変換材料は、前記発光デバイスの上面及び側面にコーティングされることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 16】

前記発光デバイスに電気的に接続された一対のリード線と、

前記発光デバイスの上に配置されたレンズと、

を更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 17】

前記第 1 の波長変換材料は、前記発光デバイスと前記レンズとの間に配置された封入材料内に分散されることを特徴とする請求項 16 に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記発光デバイスは、光が透明な基板を通して該発光デバイスから抽出されるように取り付けられることを特徴とする請求項 16 に記載のデバイス。

【請求項 19】

III族窒化物発光ダイオードと、

$\text{Sr-SiON}:\text{Eu}^{2+}$  を含む緑色放射蛍光体と、

赤色放射蛍光体と、

を含み、

該緑色放射蛍光体及び該赤色放射蛍光体は、該III族窒化物発光ダイオードの上に配置されることを特徴とするデバイス。

【請求項 20】

前記赤色放射蛍光体は、 $(\text{Sr}_{1-x-b-c}\text{Ba}_b\text{Ca}_c)_2\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $b=0.0\sim1.0$ ,  $c=0.0\sim1.0$ ),  $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_a$  ( $a=0.0005\sim0.01$ ,  $x=0.0\sim1.0$ ),  $\text{Ca}_{1-x}\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ), 及び  $(\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim0.25$ ) から成る群から選択されることを特徴とする請求項 19 に記載のデバイス。

【請求項 21】

前記III族窒化物発光ダイオードの上に配置された青色放射蛍光体を更に含むことを特徴とする請求項 19 に記載のデバイス。

【請求項 22】

前記青色放射蛍光体は、 $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ ),  $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ ),  $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}_a$  ( $a=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ ),  $\text{La}_{1-x}\text{Si}_2\text{N}_8:\text{Ce}_a$  ( $a=0.002\sim0.5$ ),  $(\text{Y}_{1-x}\text{Si}_2\text{O}_5:\text{Ce}_a$  ( $a=0.002\sim0.5$ ), 及び  $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}_a$  ( $a=0.01\sim0.5$ ,  $x=0.0\sim0.5$ ) から成る群から選択されることを特徴とする請求項 21 に記載のデバイス。

【請求項 23】

前記緑色放射蛍光体は、前記青色放射蛍光体によって放射された光を吸収して、緑色光

を放射することと特徴とする請求項19に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的に波長変換発光デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオードを含む発光デバイスは、光スペクトルの特定の領域にピーク波長を有する光を発生させることができる公知の固体デバイスである。LEDは、典型的には、照明器、指示器、及び表示器として用いられる。スペクトルの青色からUVの範囲でのピーク波長付近の比較的狭い帯域で効率よく発光することができるIII族窒化物材料システムに基づいてLEDが開発されてきた。青色からUVの光は、他の色の可視光に対してより高い光エネルギーを有しているため、III族窒化物LEDによって発生されたそのような光は、より長い波長を有する光を生成するように容易に変換することができる。ルミネセンスとして知られる過程を利用して、第1のピーク波長を有する光（1次光）をより長いピーク波長を有する光（2次光）に変換することができることは当業技術において公知である。このルミネセンス過程は、蛍光材料の原子を励起して2次光を放射する光輝性蛍光材料による1次光の吸収を伴う。2次光のピーク波長及びその付近の波長の帯域（短波長における）は、蛍光材料に依存することになる。特定のピーク波長を有する2次光を生じると、蛍光材料の種類を選択することができる。

【0003】

【特許文献1】米国特許出願一連番号09/688,053

【特許文献2】米国特許出願一連番号09/879,627

【特許文献3】米国特許出願一連番号10/260,090

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

所望の波長範囲の光を効率的に変換し、III族窒化物発光デバイスと同じ動作温度に耐えることができる波長変換材料（波長コンバータ）が、当業技術において必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によると、デバイスは、半導体発光デバイスと、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ を有する波長変換材料とを含む。 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 波長変換材料は、発光デバイスによって放射された光を吸収して、より長い波長の光を放射する。いくつかの実施形態においては、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 波長変換材料は、赤色放射波長変換材料及び青色発光デバイスと組み合わせられる。いくつかの実施形態においては、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 波長コンバータは、赤色放射波長コンバータ、青色放射波長コンバータ、及びUV発光デバイスと組み合わせられる。

【0006】

緑色波長変換材料としての $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ の使用は、高い化学的及び熱的安定性、比較的広い放射帯域により強化された白色LEDにおける演色性、及び潜在的に安価な合成を含むいくつかの利点を提供する。

$\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ の表示は、ここで及び以下において、一般化学式が $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_x)\text{Si}_x\text{N}_y\text{O}_z:\text{Eu}_n$  ( $\alpha=0.002\sim0.2$ ,  $\beta=0.0\sim0.25$ ,  $\gamma=0.0\sim0.25$ ,  $\chi=1.5\sim2.5$ ,  $\gamma=1.5\sim2.5$ ,  $z=1.5\sim2.5$ ) の材料に対して使用される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明の実施形態によると、光源は、緑色光を放射するための発光性材料を含む。この

10

20

30

40

50

発光性材料は、化学式  $(Sr_{1-a}Ca_bBa_c)Si_xN_yO_z:Eu^{2+}$  ( $a=0.002\sim 0.2$ ,  $b=0.0\sim 0.25$ ,  $c=0.0\sim 0.25$ ,  $x=1.5\sim 2.5$ ,  $y=1.5\sim 2.5$ ,  $z=1.5\sim 2.5$ ) を有する、UV から青色の範囲の波長の光によって励起可能な  $Eu^{2+}$  活性  $Sr-SiON$  である。図1は、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  の放射及び励起スペクトルを示す。

【0008】

$Sr-SiON:Eu^{2+}$  は、幾つかの利点を有する。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  は、熱消光が小さく高温で安定であり、高温で動作する光源と共に使用できる。例えば、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  は、 $170^\circ\text{C}$  まで依然として室温放射強度の100%近くを示す。対照的に、他の緑色蛍光体は、 $170^\circ\text{C}$  では室温放射強度の約50%に消光する。図2は、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  について、放射強度(室温放射強度に対して正規化されたもの)を温度の関数として示したものである。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  はまた、優れた化学的安定性を有し、合成するに潜在的に安価である。それに加えて、白色光への応用においては、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  は、演色性を強化する比較的広い放射帯域を有する。ルーメン当量は約550lm/Wであり、それぞれのデバイスの高い全体的発光変換効率をもたらす。 $Eu^{2+}$  イオンにおけるパリティ許容放射遷移は、急速減衰(1マイクロ秒よりも短い減衰時間)であり、これは多くの用途に有利である。

【0009】

$Sr-SiON:Eu^{2+}$  材料は、例えば、電圧ランプ、及び、発光ダイオード及びレーザダイオードのような青色及びUV放射半導体発光デバイスを含む、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  材料を励起することができ、波長を有する光を放射する任意の光源と共に使用するのに好適である。図3は、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  材料を組み込んだデバイスの第1の実施形態を示す。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  層44は、基板42の上に形成されたn型領域40、活性領域38、及びp型領域36を含む発光ダイオードを覆う。接点34は、n型及びp型領域上に形成され、次の発光ダイオードが反転されて、相互接続部32によりサブマウント30に電気的及び物理的に接続される。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  層44は、例えば、電気泳動堆積、ステンシル印刷、又はスクリーン印刷によって堆積させることができる。ステンシル印刷は、「フリップチップ蛍光体/LEDデバイス上への蛍光体コーティングのステンシル印刷」という名称の米国特許出願一連番号09/688,058に説明され、電気泳動堆積は、「共形的にコーティングされた蛍光体変換発光半導体構造を製造するための電気泳動の使用」という名称の米国特許出願一連番号09/879,827に説明されている。同特許出願は、本明細書において引用により組み込まれる。発光デバイスは、フリップチップである必要はなく、光を基板を通してではなく半導体デバイス層を通してデバイスから抽出するように方向付けることができる。

【0010】

図4は、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  材料を組み込んだデバイスの第2の実施形態を示す。図4のデバイスは、任意選択的にサブマウント(図示せず)に装着され、基部25によって支持され、リード線21に電気的に接続された発光ダイオード24を含むパッケージ化発光ダイオードである。レンズ22は、発光ダイオード24を保護する。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  は、レンズ22と発光ダイオード24との間の空間に注入された封入材料26内

に分散することができる。この封入材料は、光コンバータを組み込むのに好適であって1次発光デバイスに付着する、例えば、シリコン、エポキシ、又は他の任意の有機又は無機材料とすることができる。

【0011】

図3及び図4に示すデバイスのいくつかの実施形態において、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  材料は、唯一の波長変換材料である。 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  によって放射された光と混合する、発光ダイオードからの変換されない光の量は、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  を含有する層の厚み及び $Sr-SiON:Eu^{2+}$  の量のような特性によって判断される。いくつかの実施形態においては、 $Sr-SiON:Eu^{2+}$  によって変換されなかった余り光を除去するために、染料のようなフィルタ材料をデバイスに組み込むことができる。フィル

10

20

30

40

50

タ材料の使用は、本明細書において引用により組み込まれる、2002年9月27日出願の「波長変換半導体発光デバイスの選択的フィルタリング」という名称の米国特許出願一連番号10/260,090により詳細に説明されている。青色放射発光ダイオードについては、その光の範囲は、青緑色（発光ダイオードからの一部の非変換光の漏出が許容される）から緑色（非変換光の漏出が許容されない）まで及ぶことができる。このようなデバイスは、例えば、緑色交通信号灯又はディスプレイ用バックライトのような緑色光を要する用途に有用であろう。一実施形態においては、このデバイスは、中波長558nmの緑色光を発生するように設計される。

【0012】

図8及び図4に示すデバイスのいくつかの実施形態において、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ は、1つ又はそれ以上の付加的な波長変換材料と混合される。そのようなデバイスは、白色光を作り出すため、又は単一の波長変換材料では得るのが困難な色の光を作り出すために使用することができる。各波長変換材料には、発光ダイオードによって放射された光が、又は他の波長変換材料の1つによって放射された光の何れかを注ぎ込むことができる。いくつかの実施形態においては、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ は、白色光を生成するために赤色放射蛍光体及び青色発光ダイオードと組み合わせて使用することができる。適切な赤色放射蛍光体の例には、 $(\text{Sr}_{1-x} \text{Ba}_x \text{Ca}_x) \text{Si}_2 \text{N}_8 : \text{Eu}_a$  ( $a=0.002 \sim 0.2$ ,  $b=0.0 \sim 1.0$ ,  $c=0.0 \sim 1.0$ )、 $(\text{Ca}_{1-x} \text{Sr}_x) \text{S} : \text{Eu}_a$  ( $a=0.0005 \sim 0.01$ ,  $x=0.0 \sim 1.0$ )、 $\text{Ca}_{1-x} \text{Si}_2 \text{N}_8 : \text{Eu}_a$  ( $a=0.002 \sim 0.2$ )、及び  $(\text{Ba}_{1-x} \text{Ca}_x) \text{Si}_2 \text{N}_{10} : \text{Eu}_a$  ( $a=0.002 \sim 0.2$ ,  $x=0.0 \sim 0.25$ ) のような窒化物珪酸塩蛍光体又は硫化物蛍光体が含まれる。

【0013】

図5〜図7は、青色発光ダイオード、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 、及び赤色放射蛍光体を組み合わせた白色発光デバイスの計算放射スペクトルを示す。各図には、各スペクトルに対して、色温度CCT、平均演色指数Ra、及び色度図のx及びy座標を列挙した表が付けられている。図5〜図7の各々において、最も上のスペクトルは最も低い色温度に対応し、最も下のスペクトルは最も高い色温度に対応する。

【0014】

図5は、赤色放射蛍光体として $\text{SrS:Eu}^{2+}$ を用いた白色発光デバイスの放射スペクトルを示す。図5に示すデバイスは、色あいを示さず、低い色温度で例えば86から90の間の非常に高い演色指数を有する。下表には、図5に示すスペクトルの各々に対するCCT、Ra、及びx及びyが列挙されている。

【0015】

【表1】

x	y	CCT, K	Ra
0.4599	0.4107	2709	90
0.4369	0.4042	3001	89
0.4171	0.3964	3301	88
0.3999	0.3882	3601	86
0.3850	0.3798	3900	85
0.3721	0.3716	4200	84
0.3609	0.3639	4498	84
0.3511	0.3566	4797	83
0.3425	0.3499	5096	82

【0016】

図6は、赤色放射蛍光体として $\text{CaS:Eu}^{2+}$ を用いた白色発光デバイスの放射スペクトルを示す。図6に示すデバイスも、同じく色あいを示さないが、低い色温度で例えば8

2から72の間のかかなり低い演色指数を有する。下表は、図6に示すスペクトルの各々に対するCCT、Ra、及び、 $\times$ 及び $\gamma$ を列挙する。

【0017】

【表2】

x	y	CCT, K	Ra
0.4599	0.4107	2709	62
0.4369	0.4042	3001	66
0.4171	0.3964	3300	68
0.3999	0.3881	3600	70
0.3850	0.3798	3900	72
0.3721	0.3716	4199	74
0.3609	0.3639	4499	75
0.3511	0.3566	4797	76
0.3424	0.3498	5097	77

10

【0018】

赤色放射蛍光体としての(Sr,Ca)S:Eu<sup>2+</sup>の使用は、図6に示すCaS:Eu<sup>2+</sup>デバイスよりも良好な演色性、及び、図5に示すSrS:Eu<sup>2+</sup>デバイスよりも劣る演色性をもたらすと予想される。

20

【0019】

図7は、赤色放射蛍光体としてSr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Eu<sup>2+</sup>を用いた白色発光デバイスの放射スペクトルを示す。図7に示すデバイスは、色あいを示さず、図5に関して上述したSrS:Eu<sup>2+</sup>デバイスのもに匹敵する演色指数を有する。いくつかのデバイスにおいては、Sr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Eu<sup>2+</sup>は、その有利な化学特性のために赤色放射蛍光体として好都合である。下表は、図7に示すスペクトルの各々に対するCCT、Ra、及び、 $\times$ 及び $\gamma$ を列挙する。

【0020】

【表3】

x	y	CCT, K	Ra
0.4599	0.4107	2709	87
0.4442	0.4065	2901	86
0.4300	0.4017	3101	86
0.4171	0.3964	3300	85
0.3999	0.3881	3600	84
0.3721	0.3717	4200	82

30

【0021】

図8は、青色発光ダイオード、Sr-SiON:Eu<sup>2+</sup>、及びSr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Eu<sup>2+</sup>を含むデバイスに対する測定放射スペクトルを示す。

40

いくつかの実施形態においては、Sr-SiON:Eu<sup>2+</sup>は、白色光を生成するために、赤色放射蛍光体、青色放射蛍光体、及びUV発光ダイオードと組み合わせて使用することができる。適切な青色放射蛍光体の例は、(Sr<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Eu<sup>2+</sup> ( $\alpha=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、(Sr<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup> ( $\alpha=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、(Sr<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub>:Eu<sup>2+</sup> ( $\alpha=0.002\sim0.2$ ,  $x=0.0\sim1.0$ )、La<sub>1-x</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>5</sub>:Ce<sup>3+</sup> ( $\alpha=0.002\sim0.5$ )、(Y<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Ce<sup>3+</sup> ( $\alpha=0.002\sim0.5$ )、及び(Ba<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>8</sub>:Eu<sup>2+</sup> ( $\alpha=0.01\sim0.5$ ,  $x=0.0\sim0.5$ )である。Sr-SiON:Eu<sup>2+</sup>、赤色放射蛍光体、及び青色放射蛍光体の量は、白色光を作り出し、デバイスから変換されずに漏出するUV光の量を最小にするように調節す

50



れる。複数の波長変換材料を用いる実施形態においては、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 及び他の波長変換材料は、互いに他の上に重ねて形成される別々の層としてもよく、又は、単一の波長変換材料層内に混合されてもよい。例えば、赤色、緑色、及び青色放射蛍光体を有する図3によるUVデバイスにおいては、異なる蛍光体を混合して単一層に堆積させることができ、又は、通常は発光ダイオードに青色が隣接し、次に緑色、次に赤色が隣接する3つの別々の層に堆積させることもできる。図4によるデバイスにおいては、蛍光体を単一の封入材料層内に混合させることができ、又は、各々が異なる蛍光体を含有する封入材料の3つの層を発光ダイオードの上に堆積させてもよい。 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 及び他の任意の波長変換材料を、発光デバイスの表面の少なくとも1つに薄膜として堆積させることもできる。

10

#### 【0022】

一例として、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ は、以下のように合成することができる。すなわち、 $208.98\text{g}$  ( $1.415\text{mol}$ ) の  $\text{SrCO}_3$  が、 $12.8\text{g}$  ( $0.059\text{mol}$ ) の  $\text{EuF}_3$  及び  $206.8\text{g}$  ( $4.423\text{mol}$ ) の  $\text{SiN}_{4/3}$  (最高98%純度) とアルゴンの下で無水エタノール中に混合される。エタノールは、アルゴンの流れの中に除去され、次に、この乾燥された粉末混合物は、タンクステン容器内の木炭の上で  $\text{H}_2/\text{N}_2$  雰囲気において  $1400^\circ\text{C}$  で1時間加熱される。粉砕した後、粉末は、 $\text{H}_2/\text{N}_2$  雰囲気において  $1500^\circ\text{C}$  で1時間加熱され、次に、粉砕されて水で数回洗浄される。

本発明を詳細に説明したが、当業者は、本発明の開示により、本明細書で説明した革新的概念の精神から逸脱することなく本発明に対して変更をなし得ることを認めるであらう。従って、本発明の範囲は、図解及び説明された特定の実施形態に限定されるものではない。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0023】

【図1】 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  の励起及び放射スペクトルを示す図である。

【図2】 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  の室温での放射強度に対する放射強度を温度の関数として示す図である。

【図3】発光ダイオード及び  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  を組み込んだ発光デバイスの実施形態を示す図である。

【図4】発光ダイオード及び  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  を組み込んだ発光デバイスの代替実施形態を示す図である。

30

【図5】ナノメートルの波長に対する任意の単位の放射を示す、 $\text{SiON:Eu}^{2+}$  を含むいくつかの白色光デバイスのうちの1つの計算放射スペクトルを示す図である。

【図6】ナノメートルの波長に対する任意の単位の放射を示す、 $\text{SiON:Eu}^{2+}$  を含むいくつかの白色光デバイスのうちの1つの計算放射スペクトルを示す図である。

【図7】ナノメートルの波長に対する任意の単位の放射を示す、 $\text{SiON:Eu}^{2+}$  を含むいくつかの白色光デバイスのうちの1つの計算放射スペクトルを示す図である。

【図8】青色発光ダイオード、 $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$ 、及び  $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$  を含む白色光デバイスの測定放射スペクトルを示す図である。

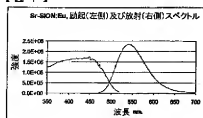
#### 【符号の説明】

40

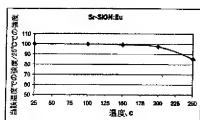
#### 【0024】

- 30 サブマウント
- 32 相互接続部
- 34 接点
- 36 P型領域
- 38 活性領域
- 40 n型領域
- 42 基板
- 44  $\text{Sr-SiON:Eu}^{2+}$  層

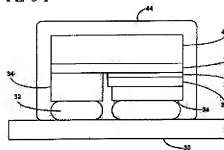
【図 1】



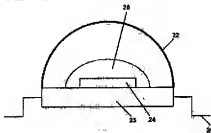
【図 2】



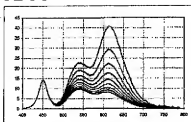
【図 3】



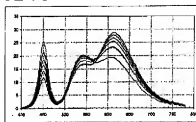
【図 4】



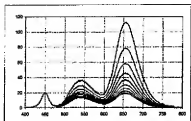
【図 5】



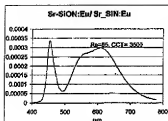
【図 7】



【図 6】



【図 8】



## フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

C 0 9 K 11/71

C 0 9 K 11/64

CQH

C 0 9 K 11/79

C 0 9 K 11/71

CPM

C 0 9 K 11/79

CPW

(72)発明者 ケルト オー ミューラー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 2 サン ホセ スウェイガード ロード 3 4 9

1

(72)発明者 レシーナ ビー ミューラーマッテ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 2 サン ホセ スウェイガード ロード 3 4 9

1

(72)発明者 ベクター ヨット シュミット

ドイツ連邦共和国 デー-5 2 0 7 0 アービェン アウグスタシュトラッセ 7 8 アー

(72)発明者 トーマス ユーステル

ドイツ連邦共和国 デー-5 2 0 6 4 アービェン シュードシュトラッセ 6 2

(72)発明者 ジェリー ソース

イギリス エセックス イーエヌ 9 2 エイチエフ ネイジング エリザベス クロース 5

Fターム(参考) 4H001 CA05 XA07 XA08 XA12 XA13 XA14 XA15 XA16 XA20 XA38

XA39 XA56 XA57 YA58 YA68

5F041 AA11 CA40 DA04 DA09 DA19 DA44 DA45 EE17 EE25